

INVESTIGACIÓN ORIGINAL

EVALUACIÓN DE SEIS FÓRMULAS USADAS PARA EL CÁLCULO DE LA SUPERFICIE CORPORAL

David A. Rincón¹, Claudia Y. Komaromy²

1. Interno especial, Unidad de Anestesiología y Reanimación, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.

2. Anestesióloga, Profesora Asistente, Unidad de Anestesiología y Reanimación, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.

* Correspondencia : davidarincon@yahoo.com

Resumen

Antecedentes: La superficie corporal es una variable antropométrica que se obtiene aplicando fórmulas basadas en el peso y en la talla. Algunas fórmulas se han diseñado para aplicarse mentalmente o con calculadoras de bolsillo, pero la exactitud de estas fórmulas «fáciles» no se ha evaluado sistemáticamente.

Objetivos: evaluar la correlación de cinco fórmulas «fáciles» con la fórmula de Boyd, y proponer una fórmula nueva basada solo en la talla, desarrollada por uno de los autores (Rincón).

Material y métodos: se tomaron 518 datos de peso y talla de las tablas de crecimiento del National Center for Health Statistics (NCHS). Todos los datos se procesaron con Microsoft Excel®. Se realizó una regresión lineal con cada una de las fórmulas para encontrar el coeficiente de correlación (r), coeficiente de determinación (r²), pendiente de la recta (m), intersección de la recta (b), y valor p.

Resultados. Se consideraron fórmulas adecua-

das aquellas con $r \geq 0.99$, $r^2 \geq 0.98$, $m = 1 \pm 0.10$, $b = 0 \pm 0.05$ y valor $p < 0.05$. Cuatro de las seis fórmulas evaluadas cumplen con los criterios de selección, entre ellas la nueva fórmula propuesta.

Conclusiones. La superficie corporal debe obtenerse en lo posible con fórmulas que utilicen peso y talla, pero en los casos en los que alguno de estos datos no esté disponible, se puede acudir a la fórmula correspondiente.

Palabras clave: superficie corporal, peso, talla.

Summary

Background. Body surface area is an anthropometric variable that is obtained from weight and height. Some methods have been designed for mental or pocket calculator use, but the accuracy of this “easy methods” has been not systematically evaluated.

Objective. To evaluate the correlation of five “easy methods” with Boyd’s formula, and to propose an only height based new methods designed by one of the authors (Rincón).

Methods: 518 weight and height data from the National Center for Health Statistics (NCHS) physical growth tables were analyzed with Microsoft Excel® software. Linear regression was made for each one, and correlation coefficient (r), determination coefficient (r^2), line slope (m), line intersection (b), and p value were obtained.

Results: Appropriated methods were those with $r \geq 0.99$, $r^2 \geq 0.98$, $m = 1 \pm 0.10$, $b = 0 \pm 0.05$, and p value < 0.05 . Four of the evaluated methods were considered appropriated, the new formula included.

Conclusions: Body surface area it has to be obtained if posible with weight – height based methods, but if any of this data is absent, other methods may be used.

Key words: body surface area, body weight, body height.

Introducción

En la práctica clínica diaria se utiliza con frecuencia la determinación de la superficie corporal (SC) por medio de fórmulas. Entre los usos que tiene esta variable antropométrica están: la determinación de la superficie neta afectada y la planificación de la reanimación hídrica en los pacientes quemados (1, 2), la dosificación de algunos medicamentos (3, 4), el cuidado del paciente crítico para la determinación de variables hemodinámicas y respiratorias (5), en algunos esquemas de hidratación pediátrica (6), para calcular el aporte calórico en nutrición (7), e incluso, se ha propuesto el uso de la relación superficie corporal / peso como factor predictivo para presentar hipotermia intraoperatoria leve (8)

El estándar de oro de la SC es la medición que se hace directamente sobre la piel de los individuos

(por ejemplo, con moldes de yeso). Pero este procedimiento al ser tan dispendioso ha llevado a que varios autores desarrollen a partir de dichas mediciones directas, algunas fórmulas basadas en el peso y la talla para su determinación. La primera de ellas propuesta por DuBois en 1916 (9) desarrollada a partir de la medición hecha a nueve individuos, de los cuales solo uno era niño; es erróneamente considerada en algunos ámbitos el estándar de oro para la determinación de la SC.

Posteriormente Boyd (10) en 1935 propuso una fórmula desarrollada a partir de 197 observaciones. Gehan y George (11) en 1970 desarrollaron una fórmula basada en las medidas de 401 pacientes, siendo así el estudio que ha utilizado la muestra más grande para tales fines. Haycock en 1978 desarrollo una fórmula basado en una muestra de 81 pacientes, que incluía desde prematuros hasta adultos (12).

Sin embargo todas estas fórmulas tienen el inconveniente de necesitar para su aplicación el uso de una calculadora con funciones científicas, además de ser muy difíciles de recordar.

A raíz de esto, se han desarrollado unas fórmulas derivadas del peso y la talla, que por su sencillez son fácilmente recordadas y se pueden aplicar con la ayuda de una pequeña calculadora de bolsillo. La más conocida de este tipo de fórmulas es la desarrollada por Mosteller (13) en 1987 a partir de una modificación matemática de la fórmula de Gehan y George.

Pero fue solo hasta 1992 cuando Wang et al, (14) evaluaron objetivamente quince fórmulas desarrolladas para el cálculo de la SC. Esta evaluación hecha con el método de predicción de la raíz del cuadrado medio del error (RMSE, del inglés, Root Mean Squared Error) proporcionó un escalafón de las mejores fórmulas para

Tabla 1. Características de los datos analizados. Todos los datos se expresan en: media \pm DE (rango)
Abreviaturas: DE, desviación estándar.

	Niños	Niñas	Total
n	259	259	518
Edad (años)	9 \pm 5.4 (0.0-18.0)	9 \pm 5.4 (0.0-18.0)	9 \pm 5.4 (0.0 – 18.0)
Peso (Kg)	34.6 \pm 21.7 (2.4-96.0)	33.2 \pm 20.2 (2.4-83.0)	33.9 \pm 21.0 (2.4-96.0)
Talla (cm)	129.9 \pm 34.2 (46.0-188.0)	128.3 \pm 32.4 (46.0-174.0)	129.1 \pm 33.3 (46.0-188.0)
IMC	18.0 \pm 3.0 (11.3-27.2)	17.6 \pm 3.4 (8.5-27.4)	17.8 \pm 3.2 (8.5-27.4)
SC (m ²)	1.1 \pm 0.5 (0.2-2.2)	1.1 \pm 0.5 (0.2-2.0)	1.1 \pm 0.5 (0.2-2.2)

Tabla 2. Fórmulas analizadas. Abreviaturas: SC, superficie corporal en metros cuadrados (m²); cm, talla en centímetros; g, peso en gramos; Kg, peso en kilogramos; m, talla en metros.

Referencia	Fórmula	Comentario
Boyd (10)	SC = 0.0003207 x cm ^{0.3} x g ^[0.7285 - (0.0188 x LOG g)]	Se considera la fórmula estándar.
Mosteller (13)	SC = [(cm x Kg) / 3600] ^{1/2}	Modificación hecha a partir de la fórmula de Gehan y George.
Fórmula A (2)	SC = [(4 x Kg) + 9] / 100	Es usada en pacientes con peso < 10 Kg.
Fórmula B (2)	SC = [(4 x Kg) + 7] / (90 + Kg)	Es usada en pacientes con peso entre 10 y 20 Kg.
Fórmula C (2)	SC = [(Kg x 2) + 40] / 100	Es usada en pacientes con peso > 20 Kg.
Fórmula D (5)	SC = [(cm - 60) + Kg] / 100	Es usada en pacientes adultos. Su sencillez permite calcularla mentalmente
Fórmula nueva	SC = (cm x cm) / 16666 + 0.06	Basada solo en la talla. Se puede usar en niños y adultos.

calcular la SC. Se consideraron como fórmulas adecuadas aquellas con un RMSE menor del 8%. Con este criterio sólo se aceptaron ocho fórmulas de las cuales las cinco mejor clasificadas fueron de mejor a peor: Boyd, Gehan y George, Mosteller, Haycock y DuBois.

También se han diseñado algunas otras “fórmulas sencillas” basadas sólo en el peso, o (como la propuesta en este trabajo) sólo en la talla. Pero, ninguna de estas fórmulas “sencillas” ha sido evaluada estadísticamente y son usadas a partir de algunas pruebas aisladas de exactitud hechas de manera no formal.

De la misma manera se han diseñado para el uso clínico nomogramas los cuales omiten el uso de calculadoras. Estos nomogramas basados en algunas fórmulas clásicas, a primera vista parecen ser la herramienta mas útil para la determinación de la SC por su sencillez, pero han mostrado inexactitud en su cálculo (15).

Los objetivos de este trabajo son: evaluar la correlación que tienen las cinco fórmulas “sencillas” usadas para la determinación de la SC con respecto a la fórmula de Boyd y además proponer una nueva fórmula basada sólo en la talla.

Material y Métodos

Se tomaron 1036 datos apareados (518 de peso en Kg, y 518 de talla en cm) de las tablas de crecimiento del National Center for Health Statistics (NCHS) de Estados Unidos (16), correspondientes a los percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97 en niños de cero a tres años, y a los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 en niños de tres a 18 años. Cada pareja de datos se tomó para cada edad desde los cero a los 18 años, con intervalos de seis meses.

Las características de los datos analizados se resumen en la tabla 1.

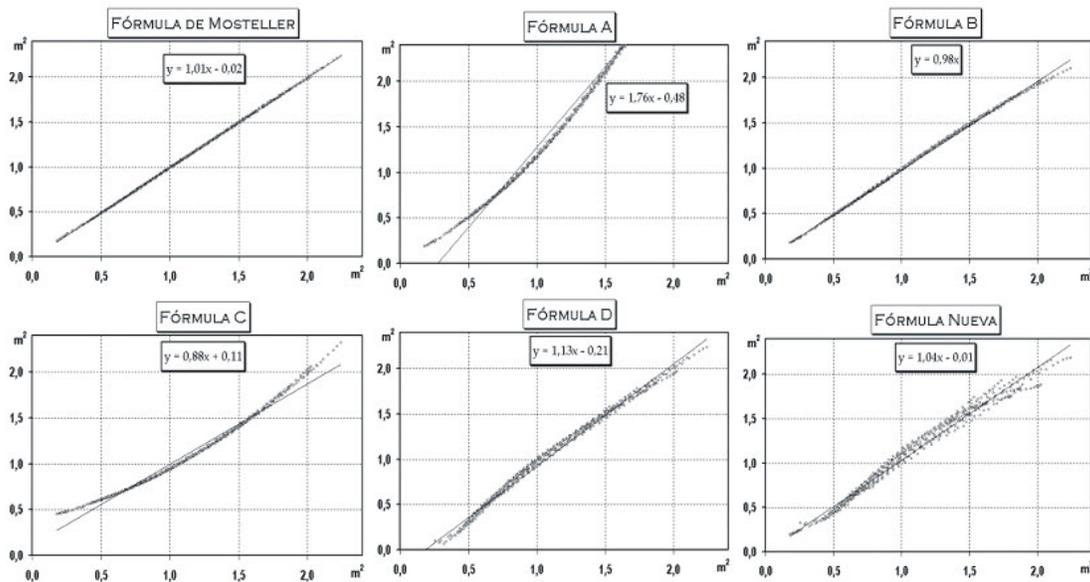


Figura 1. En el eje (y) se grafican los datos obtenidos con las fórmulas evaluadas (una fórmula en cada gráfico). En los ejes (x) se grafican los datos obtenidos con la fórmula de Boyd. También se muestra en cada gráfico la fórmula ($y = mx + b$) correspondiente.

Estas 518 parejas de datos (compuestos por talla y peso) se introdujeron al software de procesamiento de datos Microsoft Excel®, para obtener los datos de superficie corporal en m^2 según las fórmulas de la tabla 2. Los resultados obtenidos con la fórmula de Boyd se compararon con los valores de SC hallados con las otras seis fórmulas, por medio de la función

Estimulación lineal ($y = mx + b$)

para obtener los siguientes datos: coeficiente de correlación (r), coeficiente de determinación (r^2), pendiente de la recta (m), intersección de la recta (b), y valor F. Sobre este último se obtuvo el valor p según los grados de libertad y un nivel de significancia de 0.05.

Además, con los datos de las seis fórmulas evaluadas se hicieron gráficos de dispersión con regresión lineal, cada uno para comparar gráficamente su correlación con

la fórmula de Boyd. También se obtuvo la fórmula para la función ($y = mx + b$) en cada uno de los gráficos. (Figura 1)

Resultados

Se consideraron como fórmulas con buena correlación aquellas que cumplieran con cinco criterios: $r \geq 0.99$, $r^2 \geq 0.98$, $m = 1 \pm 0.10$, $b = 0 \pm 0.05$, y valor $p < 0.05$.

Con esta estricta evaluación se consideraron como fórmulas con correlación adecuada: fórmula de Mosteller, fórmula B, fórmula D aplicada en individuos con peso mayor a 28 Kg y la nueva fórmula propuesta. Todos los datos se resumen en la tabla 3 y en la figura 1.

Las fórmulas A y C no se evaluaron en los rangos de peso recomendados, por que la fórmula B tiene aplicabilidad en todos los rangos de peso.

Tabla 3. Resultados

Fórmula	n	r	r ²	m	b	Valor p
Mosteller	518	1.00	1.00	1.01	- 0.02	< 0.000001
Fórmula A	518	0.99	0.98	1.76	- 0.48	< 0.000001
Fórmula B	518	1.00	1.00	0.98	0	< 0.000001
Fórmula C	518	0.99	0.98	0.88	+ 0.11	< 0.000001
Fórmula D	518	1.00	0.99	1.13	- 0.21	< 0.000001
Fórmula D > 28 Kg	265	1.00	0.99	1.01	- 0.03	< 0.000001
Fórmula Nueva	518	0.99	0.98	1.04	- 0.01	< 0.000001

Discusión

La medición de la SC es un instrumento de notable importancia en la práctica clínica sobretodo en el ámbito de la medicina crítica en donde el cálculo de dosis farmacológicas y de valores hemodinámicos exige la mayor exactitud posible, ello explica el desarrollo en el tiempo de múltiples fórmulas para su cálculo. Dicha importancia justifica también entonces una cuidadosa evaluación sobre la validez estadística y la aplicabilidad de las fórmulas conocidas, evaluación que hasta ahora no se encuentra reportada en la literatura revisada. Este artículo analizó validez de las llamadas “fórmulas sencillas”, es decir, aquellas que utilizan sólo uno de los dos datos requeridos (peso o talla) y que permiten ser calculadas mentalmente o por operaciones aritméticas muy sencillas que no implican el uso de calculadoras programables o de un computador con un software específico, elementos no siempre disponibles nuestro medio.

Al comparar las fórmulas “sencillas” con la fórmula de Boyd, se encontró que: la fórmula de Mosteller, la fórmula B, la fórmula D en persona con más 28 Kg y la nueva fórmula propuesta, eran las de mayor correlación.

Al analizar los gráficos de dispersión a partir de estos resultados (Figura 1) se hacen más evidentes las limitaciones en ciertos grupos

de datos, de algunas fórmulas siendo esto especialmente notorio para la fórmulas A, C y D en pacientes pediátricos (< 28 Kg).

En cuanto a la fórmula propuesta, además de la correlación que muestra en el análisis, su validez y su aplicabilidad resaltan especialmente en el ámbito de la unidad de cuidados intensivos (UCI), en donde en la mayoría de los casos resulta imposible obtener a diario el peso del paciente para los fines pertinentes siendo siempre más fácil obtener sólo la talla. Además, se sabe que el comportamiento del balance hídrico hace fluctuar el peso del paciente crítico de manera importante, sin que la SC cambie en la misma magnitud.

Por último y a fin de generar nuevos interrogantes sobre el tema del cálculo de la SC, sugerimos que siempre se tengan en cuenta que la SC no es un dato estático del paciente, si no que por el contrario su valor fluctúa en un determinado rango y que las fórmulas analizadas no se aplican en casos extremos como en desnutrición o en obesidad mórbida, situaciones en las cuales ya se ha demostrado que ninguna de ellas es exacta. (17, 18)

Conclusiones

En caso de necesitar una estimación lo más exacta posible, lo ideal sería obtener de forma adecuada el peso y la talla del paciente y

hacer el cálculo de la SC con un software o una calculadora programada con la fórmula de Boyd. Si el recurso del software o la calculadora no se encuentran disponibles, lo más adecuado sería usar la fórmula de Mosteller. Si se tienen los datos de peso y talla y se necesita una estimación rápida, se puede utilizar la fórmula D mentalmente, teniendo en cuenta que es válida sólo cuando el peso es mayor de 28 Kg. Si se tiene solo el dato de peso, o sí el de la talla no se considera confiable se puede utilizar la fórmula B. Si se tiene solo el dato de la talla, o sí el del peso no se considera confiable se puede utilizar la nueva fórmula propuesta.

Referencias

1. **Monafo WW.** Initial management of burns. *N Engl J Med* 1996;335:1581-6.
2. **Ferro A.** Protocolo de manejo de pacientes quemados agudos que ingresan a la unidad de quemados. Fundación Hospital de la Misericordia 2001.
3. **Anderson BJ, Meakin GH.** Scaling for size: some implications for paediatric anaesthesia dosing. *Paediatr Anaesth* 2002;12:205-19.
4. **Sawyer M, Ratain MJ.** Body surface area as a determinant of pharmacokinetics and drug dosing. *Invest New Drugs* 2001;19:171-7.
5. **Ordóñez CA, Ferrada R, Buitrago R, eds.** Cuidados intensivos y trauma. Bogotá: Distribuna, 2002:861.
6. **Fann BD.** Fluid and electrolyte balance in the pediatric patient. *J Intraven Nurs* 1998;21:153-9.
7. **Gibson S, Numa A.** The importance of metabolic rate and the folly of body surface area calculations. *Anaesthesia* 2003;58:50-5.
8. **Rincón DA.** La termorregulación humana y su aplicación en la anestesiología [Monografía]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Unidad de Anestesiología y Reanimación) 2003.
9. **DuBois D, DuBois EF.** A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Intern Med* 1916;17:863-71.
10. **Boyd E, Scammon RE, Lawrence D.** The determination of surface area in living children. *Proc Soc Exp Biol Med* 1930;27:445-9.
11. **Gehan EA, George SL.** Estimation of human body surface area from height and weight. *Cancer Chemoter Rep* 1970;54:225-35.
12. **Haycock GB, Schwartz GJ, Wisotsky DH.** Geometric method for measuring body surface area: A height-weight formula validated in infants, children and adults. *J Pediatr* 1978;93:62-6.
13. **Mosteller RD.** Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* 1987;317:1098.
14. **Wang Y, Moss J, Thisted R.** Predictors of Body Surface Area. *J Clin Anesth* 1992;4:4-10.
15. **Turcotte G.** Erroneous nomograms for body-surface area. *N Engl J Med* 1979; 300:1339.
16. **Hamill PVV, Jonson CL, Reed RB, Roche AF, Moore WM.** Physical growth: National Center for Health Statistics percentiles. *Am J Clin Nutr* 1979;32:607-29.
17. **Jones PRM, Wilkinson S, Davies PSW.** A revision of body surface area estimations. *Eur J Appl Physiol* 1985;53:376-9.
18. **Mitchell D, Strydom NB, Van Graun CH, Van Der Walt WH.** Human surface area: comparison of the DuBois formula with direct photometric measurement. *Pflugers Arch* 1971;325:188-90.